

IMMOBILISASI LIMBAH DENGAN SERPAT ZEOLIT MENGUNAKAN BEBERAPA MACAM MATRIK (Variabel Berat Jenis Bahan dan Suhu)

Aprian Dwi Saputra, Bambang Kusmartono

Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: apriands98@gmail.com

INTISARI

Pemanfaatan teknologi nuklir dalam segala bidang menimbulkan permasalahan bagaimana mengolah limbahnya yang ditimbulkan, agar tidak mengganggu keselamatan lingkungan apabila limbah tersebut disimpan dalam penyimpanan sementara maupun lestari, mengingat limbah tidak dapat dirusak, dihancurkan dilenyapkan. Telah dilakukan penelitian immobilisasi limbah dengan serat zeolit dengan menggunakan beberapa macam matrik. Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan semen dan bentonit dalam mengikat limbah dengan serat zeolit. Penelitian dilakukan dengan cara menambah air, semen dan bentonit, limbah dengan serat zeolit dimasukkan kedalam wadah dan dilanjutkan dengan pengadukan sampai terbentuk adonan yang homogen. Adonan yang terjadi dimasukkan kedalam tabung polietilen (diameter 3,5 cm tinggi 4 cm). Selanjutnya berat blok monolit yang terjadi ditentukan dengan melakukan uji kuat tekan, perbandingan air dengan limbah serat zeolit terhadap matrik semen dan bentonit yang digunakan adalah 10% sebagai perikat. Variabel yang diteliti adalah perbandingan jumlah bahan serat zeolit terhadap matrik semen dan bentonit, untuk variabel suhu pembakaran limbah dengan serat zeolit terhadap matrik semen dan bentonit, suhu yang digunakan adalah 120 - 200°C. Serat zeolit yang telah dipadatkan adalah limbah zeolit yang telah hilang kandungan senyawa ion nya, hasil penelitian menunjukkan bahwa semen dan bentonit cukup baik digunakan untuk mengikat limbah dengan serat zeolit. Perbandingan berat jumlah maksimum limbah dengan serat zeolit terhadap matrik semen dan bentonit hasil yang cukup baik di variabel 10:10:10 dengan berat sebesar 6,41 g dengan kuat uji tekan sebesar 29,43 KN/cm² disuhu 450°C. Sedangkan untuk divariabel suhu yang rendah dihasilkan suhu yang terbaik adalah 200°C dengan berat 6,41 g dan kuat uji tekan sebesar 15,03 KN/cm².

Kata kunci: Serat zeolit, Suhu Pembakaran, dan Kuat tekan

PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi nuklir dalam segala bidang menimbulkan permasalahan bagaimana mengolah limbahnya yang ditimbulkan, agar tidak mengganggu keselamatan lingkungan apabila limbah tersebut disimpan dalam penyimpanan sementara maupun lestari, mengingat limbah tidak dapat dirusak, dihancurkan dilenyapkan. Untuk pengembangan proses pemadatan atau immobilisasi limbah dengan cara keramik menggunakan bahan lokal zeolit yang banyak dinegeri ini. Pertimbangan zeolit yang dipakai adalah merupakan mineral yang mempunyai prospek masa depan yang cukup baik karena keistimewaan sifat zeolit yang unik, sehingga dapat dimanfaatkan untuk banyak keperluan, dengan kemampuan sebagai bahan pengukung limbah. Zeolit tidak saja dapat mengolah limbah kimia dan industri yang beracun, tetapi juga limbah radioaktif. Secara umum zeolit bersifat sebagai penukar ion, pengadsorpsi dan sebagai katalis, selain itu mineral zeolit banyak

mengandung SiO₂ sebagai unsur utama pembentuk keramik (Anonim, 1998).

Immobilisasi adalah pengungkungan zat radioaktif dan non-radioaktif dalam padatan, dimana zat radioaktif maupun zat berbahaya dan beracun diikat sangat kuat ditengah-tengah padatan sehingga zat-zat tersebut sulit terlepas kelingkungan. Tujuan dari imobilisasi adalah:

1. Mengurangi immobilitas radionuklida
2. Memudahkan dalam pengangkutan
3. Reduksi volume
4. Mengurangi pengawasan
5. Lebih ekonomis

Proses immobilisasi adalah proses mengubah bentuk limbah menjadi bentuk padat untuk mengurangi kemampuan pindah (migrasi) atau penyebaran (dispersi) zat pencemar yang ada dalam limbah karena proses alamiah selama penyimpanan, pengangkutan dan pembuangan.

Tujuan proses alamiah immobilisasi adalah agar zat pencemar yang merupakan kontaminan dalam limbah tidak dapat larut

atau terekstrak kembali oleh air dan tidak menyebar ke lingkungan. Endapan yang dapat diolah dengan proses imobilisasi adalah :

1. Lumpur atau sludge hasil pengolahan kimia
2. Abu hasil proses inersasi
3. Serbuk hasil kalsinasi
4. Resin penukar ion bebas

Limbah radioaktif didefinisikan sebagai material radioaktif atau material terkontaminasi yang harus dibuang termasuk bahan bakar bekas. Klasifikasi limbah radioaktif termasuk Limbah Radioaktif Tingkat Tinggi (HLL) jika limbah radioaktif tersebut

mempunyai radioaktivitas dan kalor yang dihasilkan yang melewati nilai batas yang telah ditetapkan. Limbah lain yang tidak tergolong sebagai HLW dikategorikan sebagai Limbah Radioaktif Tingkat Rendah dan Menengah (LILW). Limbah radioaktif juga dapat dikategorikan sebagai limbah padat, cair dan gas. Aspek fundamental dari manajemen limbah radioaktif adalah sebagai berikut;

1. Untuk melindungi generasi sekarang dan yang akan datang dari bahaya radiasi limbah nuklir.
2. Untuk meminimalisasi jumlah penyimpanan dengan mereduksi volume limbah radioaktif yang disimpan.
3. Untuk menghasilkan hubungan yang baik antara produser limbah radioaktif dengan publik, dengan melakukan manajemen pengolahan limbah yang aman. (Ronodirdjo, 1981).

METODE PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan dari bulan Maret sampai bulan Juni di Badan Teknologi Proses, Sub bidang Pengolahan Limbah dan Keselamatan Lingkungan, PSTA-BATAN Yogyakarta.

1. Bahan

Bahan Yang Digunakan Pada Penelitian Ini Adalah Serat Zeolit, Semen, Bentonit, Dan Aquades.

2. Alat

Alat Yang Dipergunakan Pada Penelitian Ini Adalah Pengaduk, Tabung Polietilen, Alat Uji Tekan Paul Weber, Timbangan Sartorius, Tungku Pemanas, Gelas Ukur Dan Alat Gelas Yang Lain, Furnace Thermoline Sybron, Ayakan, Lumpang Besi.

3. Prosedur Penelitian

- a. Persiapan Bahan
Serat Zeolit Ditumbuk Dengan Lumpang Besi Sampai Halus Kemudian Diayak Dengan Ukuran 80 Mesh, Setelah Didapatkan Ukuran 80 Mesh Dimasukan Kewadah Dan Tutup Rapat
- b. Tahap Percobaan:
Siapkan Bahan – Bahan Yang Akan Digunakan, Kemudian Akan Dilakukan Proses Pencampuran Semua Bahan – Bahan Kemudian Ambil Bubuk Zeolit Yang Berukuran 80 Mesh Sekitar 2 Gram, Bentonit Dan Semen Masing-Masing 10 Gram. Lakukan Pembuatan Adonan, Masukkan Semua Bahan-Bahan Tersebut Kedalam Wadah Dan Aduk Hingga Homogen. Setelah Homogen Masukkan Aquades Sebanyak 5 Ml Sebagai Perikat Dan Lakukan Pengadukan Kembali Agar Semua Bahan-Bahan Tercampur Hingga Homogen. Kemudian Dilakukan Pencetakan Dengan Alat Paul Weber Dengan Tekanan 50 Kn Untuk Menghasilkan Padatan Monolit. Setelah Itu Monolit Dibakar Dengan Suhu 450°C Selama 1 Jam Kemudian Didinginkan Setelah Dingin Akan Dilakukan Proses Uji Kuat Tekan.

4. Analisis

Analisis Immobilisasi Dilakukan Dengan Menggunakan Alat Uji Tekan Yaitu Paul Weber Dengan Prosedur Sebagai Berikut:

- a. Monolit Keramik Ditempatkan Pada Sumbu Piston (Tepat Ditengah-Tengah).
- b. Handle Pengunci Diputar Penuh Ke arah Kanan (Posisi Menutup),
- c. Piston Hidrolik Dipompa Dengan Tuas Sambil Diperhatikan Gerakan Piston.
- d. Diamati Saat Pecahnya Keramik (Hancur) Dan Dibaca Tekanan Pada Manometer.
Rumus Uji Kuat Tekan:
 $Kn = K/A$
Dimana:
 $Kn =$ Kuat Tekan
 $K =$ Tekanan Yang Diberikan Sampai Monolit Pecah
 $A =$ Luas Alas Permukaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan untuk variabel bahan dan suhu pembakaran

yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan serat zeolit, bentonit dan semen dalam proses sementasi/keramik dalam proses immobilisasi hasil pengolahan limbah, didapatkan data-data sebagai berikut:

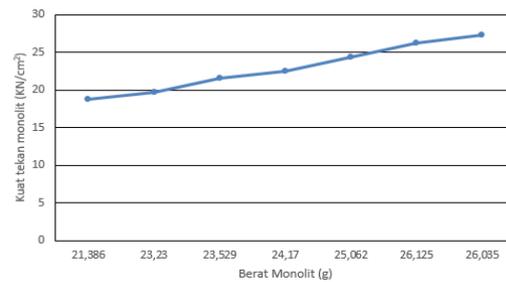
Tabel 1. Berat Penguapan monolit keramik

Berat Bahan (g)	Berat monolit basah (g)	Berat monolit kering (g)	Berat penguapan monolit (g)
2	24,035	21,386	2,649
3	26,293	23,230	3,063
4	26,690	23,529	3,161
5	28,373	24,170	4,203
6	29,597	25,062	4,535
7	31,345	26,125	5,220
8	31,931	26,035	5,896
9	32,946	26,993	5,953
10	36,447	30,075	6,402

Tabel. Disimpulkan bahwa percobaan variabel berat bahan 2-10 g hasil menunjukkan blok monolit yang dicetak setiap variabel mengalami kenaikan, hal ini disebabkan jumlah zeolit yang ditambahkan. Saat blok monolit dibakar dengan suhu 450°C akan mengalami penyusutan karena kandungan air akan teruapkan dan blok monolit menjadi kering dan keras, setelah proses pembakaran dari Tabel 1 dapat dilihat perbandingannya blok monolit yang sebelum dibakar dan sesudah dibakar menunjukkan perbedaan blok monolit yang dihasilkan.

Tabel 2. Hasil pengukuran dan hasil uji kuat tekan blok monolit hasil sementasi Serat zeolit pada suhu 450°C.

Perbandingan Zeolit/ Bentonit/ Semen	Berat monolit kering (g)	Kuat Tekan Monolit KN/cm ²
2:10:10	21,386	18,705
3:10:10	23,230	19,641
4:10:10	23,529	21,511
5:10:10	24,170	22,447
6:10:10	25,062	24,317
7:10:10	26,125	26,188
8:10:10	26,035	27,272
9:10:10	26,993	28,030
10:10:10	30,075	29,426

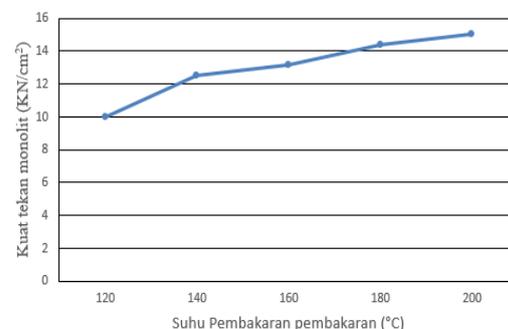


Gambar 1. Hubungan antara berat monolit vs kuat tekan monolit

Tabel 2. Hasil uji tekan sebesar 29,426 KN/cm², sementasi serat zeolit memenuhi syarat hasil proses sementasi minimum. Semakin besar perbandingan berat zeolit terhadap semen dan bentonit semakin kuat tekan blok monolit yang dihasilkan. Hal ini di sebabkan karena jumlah jumlah material yang diikat (zeolit) semakin banyak bila dibandingkan dengan material pengikat semen dan bentonit, akibatnya semakin besar perbandingan zeolit terhadap semen dan bentonit semakin kuat tekan yang dihasilkan, dicampur dengan semen dan bentonit dengan perbandingan zeolit yang semakin bertambah maka berat jenis yang terjadi semakin kuat. Tabel 2, nampak adanya korelasi antara hasil pengukuran berat jenis dengan uji kuat tekan. Hasil uji kuat tekan berbanding lurus dengan hasil pengukuran berat.

Tabel 3. Hasil pengukuran variabel 10 g dan hasil uji kuat tekan blok dengan Variasi suhu pembakaran

Suhu (°C)	Kuat Tekan Monolit KN/cm ²
120	10,017
140	12,521
160	13,148
180	14,400
200	15,026



Gambar 2. Hubungan suhu pembakaran vs kuat tekan monolit

Tabel 8. dengan perbandingan suhu 140, 160, 180, 200, ($^{\circ}\text{C}$) mengalami kenaikan pada saat uji tekan. Hal ini disebabkan jika suhu semakin tinggi maka monolit yang dihasilkan semakin keras pada saat uji tekan. Sedangkan monolit yang dibakar dengan suhu yang rendah maka uji tekan pun semakin rendah dan mudah hancur. Dari percobaan yang kami lakukan variabel berat bahan kami memilih suhu 450°C , karena dari referensi yang didapat suhu yang paling bagus adalah disuhu tersebut. Sedangkan untuk variabel suhu kami memilih lebih rendah karena kami ingin mengetahui pengaruh suhu terhadap proses immobilisasi karena berdasarkan teori yang ada salah satu menjadi pengaruh proses immobilisasi adalah suhu. Pada penelitian ini telah membuktikan bahwa suhu sangat berpengaruh pada kualitas hasil uji kuat tekan, dan tujuan dari variabel suhu untuk mengurangi biaya proses sehingga kami mencoba menggunakan suhu yang lebih rendah, akan tetapi dari penelitian yang telah dilakukan suhu mempengaruhi kualitas uji tekan, sehingga untuk variabel suhu sendiri seharusnya lebih tinggi dari variabel pertama agar didapat hasil yang maksimal. Penelitian yang dilakukan oleh Endro Kismolo dkk, immobilisasi limbah bentonit menggunakan matrik semen hasil yang didapatkan semakin besar perbandingan berat bentonit terhadap semen semakin rendah kuat tekan blok monolit yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena jumlah material yang diikat (bentonit) semakin banyak bila dibandingkan dengan material pengikat (semen), akibatnya semakin besar perbandingan bentonit terhadap semen semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan. Penelitian yang kami lakukan dapat dilihat perbedaannya hasil yang didapatkan semakin besar perbandingan berat zeolit terhadap bentonit dan semen hasil yang didapatkan semakin kuat tekan blok yang dihasilkan. Hal ini disebabkan jumlah material zeolit yang ditambahkan dalam bentonit dan semen. Akibatnya semakin besar perbandingan zeolit terhadap bentonit dan semen semakin kuat.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Immobilisasi Limbah dengan Serat Zeolit Menggunakan Beberapa macam Matrik telah dilakukan dengan kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi suhu pembakaran monolit, kuat tekan semakin baik.
 2. Dari hasil variasi suhu didapatkan pembakaran yang paling baik yaitu disuhu 200°C .
 3. Semen dan bentonit cukup baik untuk memadatkan limbah dengan serat zeolit
 4. Hasil Immobilisasi limbah dengan serat zeolit, kuat tekan berbanding lurus dengan berat blok monolit yang terjadi.
2. Saran
1. Penelitian ini hanya dibatasi sampai suhu 200°C , karena keterbatasan alat yang digunakan dan perlu pengembangan penelitian pada suhu pembakaran diatas 450°C .
 2. Alat yang digunakan harus dalam keadaan baik agar memudahkan pada saat penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- ANONIM, Pengembangan Teknologi Keramik Maju Berbasis Sumber Daya Lokal, Tim Laboratorium Teknologi Keramik Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta (1998).
- Blanchard, G. et al., *Water Res.*, Vol 18, (1985) 1501.
- Breck, D.W., *Zeolite Molecular Sieves*, John Willey Interscience, New York, (1974).
- Dyer, A., *Chemistry And Industry*, Vol 2, (1984) 241.
- Dyer, A, *Introduction to Zeolite Molecular Sieves*, John Willey and Sons, Chichester, (1988).
- Gunandjar, dan Titik Sundari, 2013, Immobilisasi Limbah Radioaktif Uranium Menggunakan Bahan Matriks Synroc Supercalcine Fosfat, PSTA-BATAN, Yogyakarta.
- Hardjatmo., Husaini, *Study the Properties of some Indonesian Natural Zeolites*, on One Day
<http://bilangapax.blogspot.com/2011/02/semen.html>
<http://www.heavenof-orientvalent.blogspot.co.id/2010/11/apa-itu-bentonite.html> diakses Jumat, 19 November 2010
- IAEA, Option for The Treatments and Solidification of Organic Waste, Technical Reports No. 94, Vienna, 1988.

- Jurnal Zeolit Indonesia, 2002, vol.1 No.1.November, ISSN 1411-6723
- Kismolo, Endro dan Wijaya, Gede Sutresna dan MT, Isman (2016), *SOLIDIFIKASI LIMBAH ZEOLIT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI KERAMIK*, PSTA-BATAN, Yogyakarta.
- Punomo Julio, 2000, Immobilisasi Sludge $Mg(OH)_2$ Hasil Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Mineral Lokal, STTN BATAN, Yogyakarta.
- Las. T, *Use of Natural Zeolite for Nuclear Waste Treatment*, PhD Thesis, Dept. Applied Chemistry, University of Salford, England (1989).
- Las, T, Yatim, S, Budiman, P, *Potensi Zeolit Untuk Pengolahan Limbah Industri Unand Limau Manis Padang* (1996).
- M.T., Isman dan Endro Kismolo, 1996, *Immobilisasi Limbah Bentonit Menggunakan Matrik Semen*, ISSN 0216-3128, PPNY-BATAN, Yogyakarta.
- Mumpton,.A., *Natural zeolite*, Review in Mineralogy, Miineralogycal Society of America,Washington,DC, Vol 4 (1986) 1-15.
- Mumpton, F.A And Sand, L.B., in *Natural Zeolite, occurence, properties and uses*, Sand, L.B and Mumpton, F.A. (Eds), Pergamon Press, London, (1979).
- PRIATNA ANWAR, dkk., 'Prospek Pemakaian Diatome, Bentonit dan Karbon Aktif Sebagai Penjemih Minyak Sawit", Laporan Teknik Pengembangan Dan Energi, Dirjen Pertambangan Umum Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, 1982.
- Ronodirdjo, S., 1981, *Diktat Kuliah Pengolahan Sampah Radioaktif (Radioactive Wastes Management)*, Bagian Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Seminar on Mineral Property and Utilization of Natural Zeolite, JSPS-BPPT, Jakarta, (1996).
- Septiani, H, Gunandjar dan Mochtar Hadiwidodo, 2013, Immobilisasi Limbah Radioaktif Mengandung Thorium Menggunakan Bahan Matriks Synroc, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PLTR) BATAN, Serpong, Tangerang.
- Smitt, J.V., *Zeolite*, 4, (October 1984),309.
- Sutakarya H, Las. T, Sutoto, *Prospek Zeolit Bayah*, Proceeding Seminar Zeo-Agro, IPB Bogor (1992) 223-237.
- Townsend. R, P., *Ion Exchange In Zeolites Basic Principles*, Chemistry And Industry, Vol 2, (April 1984) 246.
- Tsitsishvili, G.V., et. al., *Natural Zeolites*, Ellis Harwood, New York, (1992)